

PCT/PCT 03/01965



REC'D 16 SEP 2003

WIPO PCT

21 DEU 2004

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 MAI 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

#### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354-01

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W /260899

<b>25 JUIN 2002</b> <small>Réserve à l'INPI</small> <b>REMISE DES PIÈCES</b> <b>DATE</b> 75 INPI PARIS B <b>LIEU</b> <b>N° D'ENREGISTREMENT</b> <b>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</b> <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE</b> <b>PAR L'INPI</b> <b>25 JUIN 2002</b> <b>Vos références pour ce dossier</b> <small>( facultatif )</small> B 14173.3 GB DD 2369		<b>3</b> <b>NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> <b>À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> <b>BREVATOME</b> <b>3, rue du Docteur Lancereaux</b> <b>75008 PARIS</b> <b>422-5/S002</b>	
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> <b>N° attribué par l'INPI à la télécopie</b>			
<b>4</b> <b>NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> <small>Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale</small>		N° Date <u>  /  /  </u> N° Date <u>  /  /  </u>	
Transformation d'une demande de brevet européen <small>Demande de brevet initiale</small> <input type="checkbox"/>		N° Date <u>  /  /  </u>	
<b>5</b> <b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)  <b>IMAGEUR POUR LUMIERE VISIBLE</b>			
<b>6</b> <b>DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <u>  /  /  </u> N° Pays ou organisation Date <u>  /  /  </u> N° Pays ou organisation Date <u>  /  /  </u> N° <input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »</b>	
<b>7</b> <b>DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé « Suite »</b>	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement Public de Caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	31-33, rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752	PARIS 15ème
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone ( facultatif )			
N° de télécopie ( facultatif )			
Adresse électronique ( facultatif )			

**BREVET CONVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISSION DES PIÈGES	25 JUIN 2002	Répondu à l'INPI
DATE	75 INPI PARIS B	
LIEU	0207893	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		DB 540 1Y /260893

Vos références pour ce dossier :  
(facultatif) B 14173.3 GB DD 2369

**6 MANDATAIRE**

Nom	BRYKMAN	
Prénom	Georges	
Cabinet ou Société	BREVATOME 422-5/S002	
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel	PG 7068	

Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS

N° de téléphone (facultatif)	01 53 83 94 00	
------------------------------	----------------	--

N° de télécopie (facultatif)	01 45 63 83 33	
------------------------------	----------------	--

Adresse électronique (facultatif)	brevets.patents@brevalex.com	
-----------------------------------	------------------------------	--

**7 INVENTEUR (S)**

Les inventeurs sont les demandeurs	<input type="checkbox"/> Oui	<input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée
------------------------------------	------------------------------	--

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Établissement immédiat ou établissement différé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
---	-------------------------------------	--------------------------	--

Paiement échelonné de la redevance	Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques		
	<input type="checkbox"/> Oui	<input type="checkbox"/> Non	

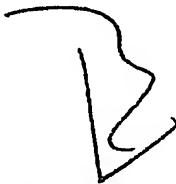
**9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES**

	Uniquement pour les personnes physiques		
	<input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)		
	<input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :		

Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes	
---	--

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE  
(Nom et qualité du signataire)**

G. BRYKMAN



VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI

M. ROCHE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILITÉ  
Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

  
N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1.../1...

REMISE DES PIÈCES	Réserve à l'INPI
DATE	25/06/2002
LEU	02.7893
N° D'ENREGISTREMENT	
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 W /260899

<b>1. Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		B 14173/GB DD2369/CNRS	
<b>2. DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date	N°
		Pays ou organisation Date	N°
		Pays ou organisation Date	N°
<b>3. DEMANDEUR</b>			
Nom ou dénomination sociale		CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		. . . . .	
Code APE-NAF		. . .	
Adresse	Rue	3 rue Michel Ange	
	Code postal et ville	75794	PARIS CEDEX 16
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
<b>4. DEMANDEUR</b>			
Nom ou dénomination sociale			
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		. . . . .	
Code APE-NAF		. . .	
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Pays			
Nationalité			
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			
<b>5. SIGNATURE DU DEMANDEUR</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE</b> <b>OU DE L'INPI</b>	
G. BRYKMAN 422-5 S/002			

## IMAGEUR POUR LUMIERE VISIBLE

## DESCRIPTION

## 5 DOMAINE TECHNIQUE

L'invention se situe dans le domaine des capteurs photosensibles, en particulier dans le domaine des longueurs d'onde visibles soit environ entre 400 et 800 nm. Ces capteurs comportent une couche éventuellement composée de plusieurs sous-couches d'un matériau photosensible convertissant les photons en charges électriques. Ces capteurs peuvent se présenter sous forme isolée ou sous forme d'un ensemble de capteurs constituant ensemble un imageur. L'invention concerne notamment les capteurs ou imageur à diodes PIN ou NIP.

## ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Un capteur photosensible délivre un signal électrique dont l'amplitude est, dans une plage de fonctionnement, une fonction monotone croissante de l'intensité de la lumière qu'il reçoit. Les capteurs sont en général disposés sous forme d'une matrice de capteurs formées de une ou plusieurs colonnes et de une ou plusieurs lignes. Une matrice comportant plusieurs lignes et colonnes est employée dans la plupart des dispositifs de formation d'image. D'autres configurations sont connues, en particulier des configurations dans lesquelles les pixels sont arrangés en structure polygonales, c'est à dire des structures dans lesquelles les centres des pixels occupent les uns

par rapport aux autres les sommets de polygones, par exemple des triangles ou des pentagones ou des hexagones réguliers. Ces structures sont employées en particulier pour augmenter le nombre de pixels par 5 unité de surface ou pour réaliser des groupements de pixels sensibles à différentes couleurs. Les capteurs constituant ensemble un imageur sont couramment appelés "pixels" parce que chaque capteur délivre alors un signal électrique correspondant à un pixel d'une image 10 à former.

Les références des documents de l'art antérieur qui seront cités dans la demande sont rappelées en fin de description avec le numéro entre crochets qui leur est attribué dans la présente description.

15 Le brevet US 6,114, 739 [1] décrit la forme général de capteurs photosensibles dont le matériau sensible est constitué par un matériau amorphe. Dans la description de l'art antérieur faite dans ce brevet, il est décrit une forme générale d'un ensemble de capteurs 20 formant ensemble un imageur. Cette description est reprise ci après en relation avec la figure 1 annexée qui reproduit la figure 1 de ce brevet.

Cette figure représente une coupe transversale d'un réseau de capteurs comprenant un matériau sensible 25 appelé également matériau actif.

Le réseau de capteurs est formé sur un substrat 10. Le substrat est généralement de type CMOS (complementary métal oxyde silicon) ou BiCMOS (bipolar complementary metal oxyde silicon) ou bipolaire. Le 30 substrat peut également inclure une grande variété de

technologies, incluant les technologies de type CCD (charge coupled devices).

Une structure d'interconnexion 12 connecte ce substrat à une couche 14 dopée n se trouvant au dessus de la structure d'interconnexion 12. Cette couche 14 sert à constituer, avec des couches intrinsèque I 16 et dopée p 18 empilées au dessus de la couche 14, un réseau de diodes PIN photodéetectrices. La position des diodes formées à partir des couches 14, 16 et 18 est déterminée par la position de via conducteurs 20 formés en réseau matriciel dans la structure d'interconnexion 12.

Une couche conductrice translucide 24 est disposée au dessus du réseau matriciel de diodes PIN formées à partir des couche 14, 16, et 18. Cette couche 24 constitue une électrode de polarisation des diodes PIN.

La couche de substrat 10 inclut généralement un circuit de capture du signal délivré par chaque diode et des circuits d'adressage et de traitement analogique ou numérique de ces signaux.

Le fonctionnement est le suivant. Une tension de polarisation inverse est appliquée entre l'électrode formée par la couche 24 et le substrat 10. Le champ électrique ainsi créé, crée un courant correspondant au déplacement de charges électriques générées par les photons pénétrant le matériau actif. Le courant provenant des zones de matériau sensible qui se trouvent à l'aplomb d'un via 20 est dirigé préférentiellement par ce via 20 vers un circuit de capture de signal. Chacun des via 20 reçoit ainsi un

courant qui est une fonction de l'éclairement reçu par la surface de matériau sensible se trouvant au dessus de ce via 20. Les différents signaux sont ensuite traités par les circuits d'adressage et de traitement 5 inclus par exemple dans le substrat 10.

Comme expliqué dans le brevet US 6,114,739 [1], une limitation de la structure de capteur d'image qui vient d'être décrite provient du fait que les différents capteurs individuels dont le signal 10 correspond à un pixel de l'image à former ne sont pas isolés électriquement les uns des autres. En particulier un courant formé en fonction de la lumière reçue par une surface se trouvant à l'aplomb d'un premier via 20 peut très bien fuir vers l'un des vias 15 20 consécutifs voisins. En terme d'image, chacun des pixels dégouline sur les pixels voisins en sorte que les pixels d'une image formée à partir de l'imageur ne sont pas nettement séparés les uns des autres. Une première façon de diminuer ce défaut consiste comme 20 expliqué dans la description de l'art antérieur figurant dans le brevet US 6,114,739 [1], à prévoir des créneaux dans la couche n ou p 14 se trouvant au dessus des vias 20. Ces créneaux apportent une meilleure individualisation de chacune des diodes se trouvant 25 dans l'alignement d'un via 20, et en conséquence une meilleure séparation des pixels d'une image.

Le brevet US 6,114,739 [1] décrit une amélioration de cet art antérieur destinée à améliorer la séparation. Cette amélioration est décrite en 30 relation avec la figure 2 de ce brevet. Chaque diode détectrice est individualisée d'avantage par le fait

qu'elle est équipée de sa propre électrode. La figure 2 des dessins annexés à la présente demande reproduit la figure 2 de ce brevet [1] en conservant pour les éléments ayant même fonction que ceux de la figure 1, 5 les numéros de référence attribués figure 1. Dans le mode de réalisation de la figure 2, la couche n ou p 14, ajoutée en pointillés sur la figure 2 annexée à la présente demande, est gravée après dépôt, de façon à ne laisser subsister que des parties 44 se trouvant au 10 dessus d'un via 20. De plus une couche conductrice de contact est également déposée immédiatement au dessus de la structure d'interconnexion 12. Cette couche de contact est gravée de la même façon que la couche n 14. Une partie 45 non éliminée de cette couche forme avec 15 une partie 44 subsistante de la couche n 14 une électrode d'une diode PIN ou NIP. Ainsi, la couche n 14 étant réticulée, chacune des diodes concourant à la délivrance du signal destiné à former un pixel d'image, se trouve individualisée d'une meilleure façon que dans 20 l'art antérieur.

Le matériau photosensible formant la couche sensible 16 des diodes est un matériau amorphe, par exemple un silicium amorphe ou du carbone amorphe ou du silicium carboné amorphe ou du germanium amorphe ou 25 encore du germanium-silicium amorphe. Il est précisé que cette liste n'est pas exhaustive. Une manière de réaliser la structure réalisée en figure 2 est décrite dans ce brevet en relation avec les figures 3 à 7 de ce brevet qui représentent chacune la structure à 30 différentes étapes de sa réalisation.

L'intérêt d'une structure telle que représentée figure 1 ou 2 est de dissocier la partie détection de la partie adressage, interconnexion, traitement de signal. Ainsi les couches 14, 16, 18, 24 constituent 5 ensemble une brique de détection 50. Le substrat 10 et les circuits de connexion et éventuellement de traitement du signal associés à ce substrat constituent une brique de traitement. Ces deux briques sont interconnectées par la brique d'interconnexion 12. 10 Cette approche modulaire permet de réaliser des imageurs bas coût, compacts, hautement intégrés, c'est à dire comportant un grand nombre de détecteurs individuels par unité de surface, et consommant peu de courant.

15 Un inconvénient de ce type de structure dans laquelle, la matrice active est constituée par un matériau amorphe, est que les performances sont médiocres en terme de dynamique de signal et de tenue des performances au vieillissement. Le silicium amorphe 20 par exemple est connu pour présenter une densité importante de défauts, de l'ordre de  $10^{16}$  par  $\text{cm}^3$ . Ces défauts entraînent une limitation de la vitesse possible de fonctionnement en raison du fait qu'ils induisent une rémanence du signal délivré, et donc de 25 l'image. Ces structures sont ainsi improches à une utilisation pour réaliser des images successives avec une fréquence de répétition élevée. Enfin la structure se dégrade régulièrement pendant les temps d'éclairement, ce qui nuit à la longévité de l'imageur. 30 De plus elle présente un risque de dégradation, voire de destruction, élevé sous forts éclairements.

## EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a pour objet un capteur de lumière en particulier pour le domaine des longueurs d'onde du visible, unique ou arrangé en ensemble de 5 capteurs constituant ensemble un imageur, chaque capteur présentant outre les avantages des systèmes modulaires décrits plus haut :

une réponse temporelle améliorée, c'est à dire des temps de montée et descente de la valeur du signal 10 délivré en fonction des variations de l'éclaircement suivant au plus près ces variations mêmes lorsque ces variations sont rapides,

une faible rémanence, et donc autorisant la production d'images successives avec une grande 15 fréquence de répétition,

une meilleure tenue au vieillissement, et une résistance accrue aux forts éclairements.

De plus les imageurs réalisés avec ces capteurs s'accommodeent d'une grande intégration, c'est à dire 20 qu'ils fonctionnent correctement même avec un grand nombre de pixels par unité de surface.

Enfin, avec un imageur selon l'invention, il est possible d'utiliser une plus grande gamme de circuit de lecture, incluant en particulier des 25 circuits de lecture à commutation de polarisation entre chaque lecture. Cette possibilité devient ouverte en raison de la grande dynamique temporelle du matériau photosensible.

A toutes ces fins, l'invention est relative à 30 un capteur unique ou un ensemble de capteurs constitué

en imageur chaque capteur délivrant un signal correspondant à un pixel de l'image, et ayant,

une brique de détection ayant une zone de détection comportant un matériau photosensible,

5 une brique d'adressage et éventuellement de traitement de signaux en provenance du ou des capteurs, cette brique ayant notamment un circuit d'adressage et,

une brique d'interconnexion située entre la brique de détection et la brique d'adressage, cette 10 brique ayant des plots de raccordement raccordant des pixels de l'imageur au circuit d'adressage, en sorte que les signaux provenant des pixels soient individualisés,

15 caractérisée en ce que le matériau photosensible de la brique de détection contient au moins une couche en silicium polymorphe.

Le silicium polymorphe présente une faible densité d'états de défauts en milieu de bande interdite et un produit mobilité des porteurs par durée de vie 20 desdits porteurs élevée. On pourra à ce sujet se reporter à l'article de référence [2] dont la référence figuré en fin de document. De ce fait la dynamique temporelle, c'est à dire la capacité d'un détecteur ainsi réalisé à suivre les variations temporelles d'un 25 éclairement est améliorée aux grandes vitesses de variation d'éclairement ou de polarisation électrique. La rémanence est diminuée et donc il devient possible de réaliser des images successives avec une grande fréquence de répétition. De plus il a été constaté que 30 les performances d'un imageur réalisé avec une

structure selon l'invention présentait une meilleure stabilité dans le temps.

De préférence la brique d'interconnexion est constituée par des plots noyés dans de l'isolant

5 De préférence les plots d'interconnexion sont en aluminium ou en cuivre ou en tungstène.

De préférence le matériau isolant noyant les plots, est constitué par un empilement de couches diélectriques formant des miroirs de Bragg.

10 De préférence des électrodes sont formées au-dessus de plots, ces électrodes ayant une surface inférieure couplée électriquement à un plot, et une surface supérieure, la surface supérieure de l'électrode ayant une dimension surfacique plus grande  
15 que la surface inférieure au contact du plot.

De préférence, la surface supérieure des électrodes présente une forme de cuvette.

20 De préférence, une partie inférieure de chaque électrode est noyée dans une couche d'isolant, une partie supérieure de cette électrode venant au-dessus de ladite couche d'isolant.

De préférence, la couche d'isolant entourant une partie inférieure des électrodes est constituée d'un empilement de couches formant miroirs de Bragg.

25 De préférence, les électrodes sont en aluminium, ou en cuivre, ou en tungstène, ou en titane, ou en nitrure de titane, ou en un semi-conducteur dopé, ou en un conducteur organique, ou en un oxyde conducteur, ou enfin encore en un empilement composite  
30 des matériaux cités ci-dessus.

De préférence, la couche de matériau polymorphe est placée au-dessus de la couche comportant l'isolant et les électrodes.

De préférence, au moins une couche supérieure en silicium présente une partie inférieure contenant du carbone et une partie supérieure contenant du bore.

De préférence, l'épaisseur de la couche en matériau polymorphe est comprise entre 0,5 et 2  $\mu\text{m}$ .

De préférence, la zone de détection comportant le silicium polymorphe est une zone intrinsèque d'une diode PIN ou NIP.

L'invention concerne aussi un procédé de réalisation d'un ensemble de photodétecteurs selon l'un des modes de réalisation de cet ensemble, caractérisé 15 en ce que :

après réalisation d'un substrat comportant notamment un circuit d'adressage, et éventuellement des circuits de traitement de signaux,

on dépose une ou plusieurs couches de matériaux 20 isolants,

on grave ladite couche de façon à former des trous dans cette couche,

on comble des trous avec un matériau conducteur constituant ainsi des plots d'interconnexion (5, 5'),

25 on effectue éventuellement un polissage mécano-chimique,

on dépose une ou plusieurs sous-couches de matériau isolant,

30 on grave ladite sous-couche de matériau isolant au-dessus de plots,

on dépose une couche au-dessus de la couche isolante gravée, formant ainsi une couche non plane de matériau conducteur, des cuvettes apparaissant au-dessus des plots,

5 on grave la couche de matériau conducteur qui vient d'être déposée, de façon à former des électrodes séparées les unes des autres,

on dépose une couche de matériau polymorphe non intentionnellement dopée,

10 on dépose une couche dopée

on dépose enfin une couche d'un matériau conducteur formant électrode supérieure.

De préférence, la température de dépôt du matériau polymorphe est comprise entre 175°C et 250°C et que la pression de dépôt est comprise entre 1300 et 15 1800 mTorr.

De préférence, le dépôt du matériau polymorphe est suivi par un dépôt d'une couche contenant du carbone au moins dans sa partie inférieure

## 20 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera maintenant décrite à l'aide des dessins annexés dans lesquels :

25 - la figure 1, déjà décrite, montre une coupe transversale d'une structure d'un photodétecteur selon l'art antérieur ;

- la figure 2, déjà décrite, montre une coupe transversale d'un autre photodétecteur de l'art antérieur ;

30 - la figure 3 est une représentation schématique de la structure d'un silicium polymorphe ;

- les figures 4 à 6 montrent différentes façons de caractériser un silicium polymorphe ;
  - la figure 4 représente le spectre d'hexodiffusion du silicium polymorphe ;
  - 5 - la figure 5 représente des courbes du spectre d'absorption infrarouge ;
    - les figures 6A et 6B représentent respectivement une image microscopique électronique haute résolution (HRTEM) d'un matériau polymorphe et sa 10 transformée de Fourier spatiale équivalente à un spectre de diffraction électronique ;
    - la figure 7 représente un mode de réalisation de l'invention qui correspond à la figures 2, et dans lequel le matériau photosensible est du silicium 15 polymorphe ;
      - la figure 8 représente un mode particulier de réalisation de l'invention selon deux variantes ;
        - la figure 9 représente des courbes du courant d'obscurité résiduel divisé par le courant photonique 20 en fonction de la puissance optique, d'une part, pour un silicium amorphe et, d'autre part, pour un silicium polymorphe.

La figure 10 représente dans un repère orthonormé des valeurs de densité surfacique de courant de fuite pour différentes tailles de pixels.

#### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION

Comme il a été expliqué plus haut, par rapport à l'art antérieur, l'invention consiste à remplacer un 30 matériau amorphe constituant la couche active par du silicium polymorphe.

Il sera tout d'abord indiqué comment il est possible à l'examen de reconnaître un silicium polymorphe d'un silicium amorphe. La structure d'un silicium polymorphe est schématisée dans la figure 3.

5 Le silicium polymorphe comporte une matrice 100 dans laquelle des agrégats et nanocristaux 101, 102, etc. n, n étant supérieur à 102, représentés par des tâches noires de forme et de grosseur variable, sont incorporés. Des mesures de microscopie permettent de

10 montrer que la matrice contenant les nanocristaux présente un ordre à moyenne distance, entre le deuxième et le sixième voisin atomique. La nanostructure du silicium polymorphe est aussi caractérisée notamment par l'absorption infrarouge, la microscopie, la

15 spectroscopie Raman. Elle peut être aussi caractérisée par un spectre d'exodiffusion de l'hydrogène clairement distinct de celui du silicium amorphe.

Des différences que l'on peut observer entre du silicium amorphe et du silicium polymorphe sont données

20 par exemple dans les figures 4 à 6.

La figure 4, représente le spectre d'exodiffusion du silicium polymorphe. Ce spectre est défini par des courbes représentant la pression partielle de l'hydrogène en millibars par rapport à la

25 température du matériau en °C. La manière de réaliser ces spectres est bien connue dans l'art. Des explications permettant de comprendre grossièrement de quoi il s'agit sont données ci-après pour faciliter la compréhension. La pression partielle d'hydrogène

30 sortant du matériau est mesurée en fonction de la température de recuit. L'hydrogène est lié au matériau

selon différentes configurations atomiques qui présentent chacune une énergie de liaison différente. A chaque configuration de liaison correspond donc une courbe de libération de l'hydrogène en fonction de la température, se présentant sous la forme d'une courbe en cloche présentant un pic. Le spectre du silicium amorphe a la forme représentée par la courbe a. Il ne présente qu'un pic entre 500 et 600°C, associé à l'hydrogène uniformément distribué dans la matrice amorphe. Les courbes b, c, d et e représentent respectivement des courbes de libération d'hydrogène correspondant chacune à une configuration spécifique de liaison de l'hydrogène. Lorsqu'on fait la mesure d'exodiffusion du silicium polymorphe, on obtient la courbe f qui correspond à la résultante des différentes configurations de liaison de l'hydrogène qui existent dans le matériau polymorphe. La forme de la courbe f caractérise ainsi l'incorporation d'hydrogène à la surface d'agrégats et nanocristaux et dans la matrice présentant un ordre à moyenne distance.

Une autre manière de reconnaître du silicium polymorphe par rapport à du silicium amorphe sera maintenant décrite en relation avec la figure 5 qui représente le spectre d'absorption infrarouge dans la zone dont le nombre d'onde exprimé en  $\text{cm}^{-1}$  est compris entre 1900 et 2200. L'absorption, en unité arbitraire, est portée en ordonnée et le nombre d'onde est porté en abscisse. La courbe d représente le résultat expérimental de la mesure d'absorption. Les courbes a, b, c représentent respectivement, les courbes obtenues par un calcul de déconvolution que l'on peut faire

puisque les différents pics élémentaires d'absorption sont connus. Cette déconvolution du spectre expérimental met en évidence pour le silicium polymorphe la présence d'un pic supplémentaire p entre 5 2030 et 2050  $\text{cm}^{-1}$ . Ce pic correspond à la courbe b. La position du pic dépend des conditions d'élaboration du silicium polymorphe.

Enfin, en figure 6 on a représenté un schéma d'une image haute résolution obtenue par microscopie 10 électronique en transmission (HRTEM) du matériau polymorphe dans laquelle on peut distinguer des cristaux de quelques nanomètres de diamètre. Ces nanocristaux apparaissent sur la photo comme des régions dans lesquelles on distingue des lignes 15 parallèles entre elles. Ces nanocristaux ont été représentés figure 6a par des régions à l'intérieur desquelles apparaissent des lignes pointillées parallèles entre elles. La transformée de Fourier spatiale de l'image de la zone amorphe permet de mettre 20 en évidence un ordre à moyenne distance. Cette transformée est schématisée figure 6b. L'ordre à moyenne distance se matérialise par la présence d'anneaux entourant un point commun. Pour du silicium amorphe on peut distinguer deux anneaux et 25 éventuellement de façon très floue un troisième anneau. Pour du silicium polymorphe on arrive à distinguer 4 anneaux matérialisés figure 6b par la présence d'anneaux blancs et noirs. De plus les anneaux ont une intensité plus grande et une largeur plus fine que dans 30 le cas du silicium amorphe. On pourra se reporter à ce

sujet à l'article de référence [3] référencé en fin de description.

Un premier exemple de réalisation d'un ensemble de photodétecteurs selon l'invention sera maintenant décrit en référence à la figure 7. Cette figure reprend exactement la figures 2 de l'art antérieur. Dans cette figure les éléments ayant le même numéro de référence que ceux de la figure 2 indiquent des éléments ayant même fonction, et qui peuvent être réalisés de la même façon. En ce qui concerne la figure 7 qui reprend le mode de réalisation de la figure 2, la seule différence est que le matériau amorphe constituant les couches n 14, i 16 et p 18 est remplacé maintenant par des couches de silicium polymorphe. La couche n 14 a été remplacée par une couche n 74 en matériau polymorphe comme représentée par des pointillés, et découpée pour ne laisser subsister que des électrodes 84. Il en va de même pour les couches i 16 et p 18 en matériau amorphe remplacées par des couches en silicium polymorphe référencées 76 et 78 respectivement. La couche de contact 45 est remplacée par une couche de contact 85.

Un mode préféré de réalisation sera maintenant décrit en liaison avec la figure 8.

Ce mode de réalisation diffère des modes de réalisation de l'art antérieur, en particulier celui décrit en liaison avec la figure 2, d'une part, comme dans le cas général par l'utilisation d'un matériau polymorphe pour former la couche active, mais aussi par la forme de réalisation de la couche d'interconnexion représentée en 12', figure 8 et par la forme des

électrodes dont deux dessins sont représentés figure 8 sous les références 94 et 64.

Dans le mode de réalisation décrit en relation avec la figure 8, le substrat 10 peut avoir toute 5 configuration déjà connue de l'art antérieur. Ce substrat ne sera donc pas décrit.

Un mode de réalisation de la couche 12' formant la brique 12' d'interconnexion selon ce mode de réalisation de l'invention ainsi que des procédés de 10 réalisation de cette brique au dessus du substrat 10 seront maintenant décrits.

Cette couche comporte des plots conducteurs 5, 5' noyés dans une matière isolante comblant complètement des espaces latéraux 2, 3, 4 entre les 15 plots 5, 5'.

Deux formes de réalisation des plots d'interconnexion ont été représentées en 5 et 5' figure 8. Ces plots sont formés au-dessus du substrat 10. Dans l'exemple représenté figure 8, les plots 5 et 5' sont 20 cylindriques. Les plots pourraient également être cubiques ou coniques avec leur base la plus petite située par exemple du côté du substrat, ou avec des bases ayant des surfaces différentes, par exemple, hexagonales. Ces plots sont en nombre égal ou supérieur 25 au nombre de pixels de l'imageur que l'on veut former. On peut se reporter à ce sujet au brevet de référence [4] dans lequel il est décrit, en liaison avec la figure 7 de ce brevet, un imageur dans lequel des liaisons d'interconnexion 56 assurent d'autres 30 fonctions que des fonctions de raccordement d'une diode à un circuit d'adressage. Les plots 5, 5' du mode de

réalisation de l'invention décrits en liaison avec la figure 8 annexée à la présente demande, sont formés en aluminium.

Les plots 5 peuvent aussi être transparents, 5 mono ou multicouche, de tailles et de formes géométriques quelconques. Leur fonction est de transmettre l'information électrique entre le substrat 10 et la diode. Cela requiert notamment une bonne adhérence mécanique entre un plot d'interconnexion 5 et 10 l'électrode inférieure 64, 94.

Des méthodes pour former les plots d'interconnexion 5 sont bien connues dans le domaine de la microélectronique et de l'optoélectronique. Les plots 5 peuvent être réalisés, par exemple, en déposant 15 une couche conductrice continue, en gravant des tranchées autour des plots, et en remplissant les tranchées avec un matériau isolant électriquement.

Naturellement la couche 12' peut aussi et de préférence être réalisée en déposant d'abord le 20 matériau isolant puis en gravant des trous à l'emplacement des plots 5, 5'. Les trous sont alors remplis par le ou les matériau(x) conducteurs constituant les plots 5, 5'.

Dans les deux procédés de réalisation qui 25 viennent d'être décrits, on arrive à la forme représentée par la couche 12' sur la figure 8, où de la matière isolante se trouve dans les espaces 2, 3, 4 entre plots 5, 5'. Un polissage mécano-chimique additionnel éventuel permet d'obtenir ensuite une 30 surface plane.

La forme des plots 5 résulte pour partie de la géométrie de la gravure et pour partie du mode de gravure.

Il est également possible d'utiliser des 5 techniques de lift off ou tout autre méthode connue pour obtenir ce genre de structure.

Les matériaux des plots 5 ou 5' sont généralement de type métallique, comme l'aluminium, le cuivre ou le tungstène, mais il est également possible 10 d'utiliser d'autres matériaux conducteurs comme le titane, le nitrure de titane, un oxyde transparent conducteur, un matériau organique conducteur ou tout autre matériau assurant la conduction électrique sans dégrader l'adhérence mécanique entre le plot et 15 l'électrode qui se trouve au-dessus. Une autre caractéristique importante des plots 5, 5' est de ne pas trop se dégrader dans le temps par oxydation ou électro-migration ou sous l'effet de la température. Le plot 5 utilisé doit notamment supporter sans se 20 dégrader la température de dépôt des matériaux constituant la brique de détection 50, typiquement une température de 300°C pendant au moins une heure.

Il sera vu plus loin que le dépôt du matériau photosensible suppose que le substrat 10 muni de la 25 couche 12' puisse être soumis à cette température pendant au moins une heure. La constante de diffusion du matériau constituant un plot 5 doit être suffisamment faible pour ne pas compromettre l'isolation de deux pixels adjacents à l'issue d'un 30 recuit de 300°C pendant une heure. De même, les matériaux isolants utilisés dans les espaces 2, 3, 4,

entre plots et dans des espaces 7, 8, 9 entre électrodes dont il sera parlé plus loin, doivent conserver leurs propriétés diélectriques à l'issu du même traitement. Ces matériaux seront choisis de 5 préférence dans la famille des diélectriques utilisés en micro-électronique, par exemple, en oxyde de silicium ou nitrure de silicium, mais pas exclusivement.

Il est également possible au besoin d'utiliser 10 pour la matière comblant les espaces latéraux entre plots et/ou entre électrodes un empilement de couches diélectriques afin de réaliser des miroirs de Bragg pour empêcher la lumière d'atteindre le substrat. Tout 15 agencement composite de matériau, de forme ou géométrie quelconque pourra être utilisé à condition de satisfaire les exigences d'isolation électrique, de stabilité mécanique et de tenue dans le temps et en température.

La forme des électrodes 64, 94 et leur procédé 20 de réalisation seront maintenant décrits.

Il doit être compris que dans un même imageur, les électrodes peuvent avoir toutes la même forme mais pas nécessairement.

Les électrodes 94 et 64 ont de préférence une 25 forme telle que la surface 13 de leurs zones de contact avec un plot 5 est inférieure à la surface opposée 13', qui est en contact avec la couche i 76. La surface de contact 13 entre une électrode 94, 64 et le plot de contact 5 peut être inférieure à la surface d'un plot 5 30 comme représenté pour l'électrode 94 sur la figure 8 ou au contraire égale comme représenté en 64. Dans le cas

représenté en 64, la surface du plot 5' est inférieure à la surface inférieure 13 de l'électrode 64. La surface opposée 13' à la surface de contact 13 de l'électrode 94 a une forme donnant une plus grande 5 surface d'électrode dans un espace occupé identique. On veut dire par là que la surface supérieure 13 de l'électrode 94 est supérieure à la surface d'une section droite 17 du pixel. La section droite de ladite surface du pixel est représentée en pointillés sur la 10 figure 8. Le caractère concave de l'électrode 94 permet de donner à cette électrode une plus grande surface. De même, dans l'exemple représenté en 64, la surface supérieure 13' de l'électrode a une surface plus grande que la surface occupée par une section droite du pixel. 15 De la matière isolante comble complètement les espaces 7, 8, 9 qui se trouvent en position latérale autour d'une partie inférieure des électrodes.

La matière isolante qui comble les régions 2, 3, 4 entre plots 5, 5', et 7, et 8 et 9 entre 20 électrodes 94, 64 permet d'éviter les fuites de courant entre plots 5, 5' et a fortiori les courts circuits. Les électrodes 94, 64 ont pour but d'assurer le contact électrique entre la région i en silicium polymorphe 76 et les plots 5.

25 Les électrodes 94, 64 sont également obtenues par des procédés standards de la micro-électronique, comme par exemple le dépôt d'une couche diélectrique continue, la gravure de trous, cette gravure laissant subsister les espaces latéraux 7, 8 et 9 entre 30 électrodes. On procède ensuite au dépôt de la ou des couches conductrices formant la matière des électrodes.

La forme en cuvette des électrode résulte alors naturellement de la présence des trous dans la couche isolante gravée. Une gravure de la couche conductrice de zones 22 entre électrodes 94, 64 permet une 5 séparation des électrodes 94, 64 entre elles.

Les électrodes pourront aussi et de préférence être constituées à partir d'un empilement de couches comportant notamment comme représenté figure 8 entre la couche 76 et l'électrode 64, 94 une couche 23 en TiN ou 10 Ti jouant le rôle de barrière de diffusion. L'électrode 94 ou 64 pourra également se terminer par une couche de silicium dopé, éventuellement polymorphe, ou une couche superficielle d'alliage  $Si_{1-(x+y)}Ge_xC_y$  (x compris entre 0 et 1 ; y compris entre 0 et 1) dopé de type n ou p ou 15 par une couche de semi-conducteur dopé par des ions par exemple métalliques mais pas exclusivement. Les électrodes 94 et 64 pourront aussi être encapsulées par une couche de conducteurs organiques comme par exemple un polymère organique.

20 Les matériaux constituant les électrodes 94 et 64 sont choisis parmi les matériaux conducteurs, à condition de satisfaire aux exigences de tenue mécanique, chimique, thermique et de stabilité dans le temps, compatibles avec les matériaux adjacents et le 25 bilan thermique global du procédé de fabrication de l'imageur. Les matériaux constituant les électrodes 64, 94 seront choisis notamment parmi l'aluminium, le cuivre, le tungstène, le titane, le nitrure de titane, un semi-conducteur dopé compatible avec les matériaux 30 voisins, un conducteur organique, un oxyde conducteur,

ou tout empilement ou agencement composite de tels matériaux.

La région 76, qui sera maintenant décrite, est 5 la partie active de l'élément photosensible élémentaire, elle comporte au moins une région en silicium polymorphe. La région 76 est, par exemple, dans le cas où les diodes détectrices sont des diodes PIN ou NIP, une zone i.

10 La région 76 comporte préférentiellement une couche polymorphe non intentionnellement dopée avoisinant une région comportant du silicium et éventuellement un dopant et éventuellement du carbone. La région 76 pourra par exemple contenir une zone de 15 gain, (on peut se reporter à ce sujet à l'article de référence [5]) des zones dopées de nature et de géométrie diverses, ou tout agencement utile de matériau et de géométrie, à condition de contenir au minimum une région comportant du silicium polymorphe

20 Dans le mode préféré de réalisation, représenté sur la figure 8, une couche 79 en silicium est présente au sommet de la couche 76 immédiatement au dessous de la couche 24 formant électrode. Cette couche 79 constitue dans sa partie supérieure la zone p de la 25 diode grâce à un dopage du silicium par le bore. Dans sa partie inférieure, elle peut avantageusement contenir du carbone. On améliore ainsi la qualité de l'interface entre les couches i et p. Cette couche 79 peut aussi remplacer la couche p 78, venant au dessus 30 de la couche i représenté figure 7.

De préférence la couche sensible i 76 en matériau polymorphe aura une épaisseur comprise entre 0,5 et 2  $\mu\text{m}$ .

Le dépôt de la couche 76 en silicium polymorphe 5 sera maintenant décrit.

Le silicium polymorphe est obtenu par des procédés PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) à basse température entre 100 et 400°C, à partir de la dissociation du silane pur ou mélangé à 10 d'autres gaz (He, H<sub>2</sub>, Ar), dans des conditions proches de la formation de poudre. En général le silicium polymorphe est obtenu en ajustant les paramètres technologiques du plasma à partir duquel la déposition est faite : pression, dilution et puissance de la radio 15 fréquence, qui aboutissent à la formation d'agrégats et nanocristaux dans le plasma. On pourra se reporter à ce sujet à l'article de référence [3]. Le matériau polymorphe est donc formé à partir de l'incorporation des agrégats et nanocristaux qui confèrent au silicium 20 polymorphe ses propriétés spécifiques, particulièrement adaptées à la détection. En effet, malgré la micro-structure, la présence d'agrégats et nanocristaux induit une faible densité d'état de défauts et un fort produit mu tau (mobilité des porteurs par durée de vie 25 des porteurs) typiquement 100 fois plus grand que dans le silicium amorphe.

La région 24 a pour but, comme dans l'art antérieur, de constituer une électrode pour collecter les charges, tout en laissant passer la lumière afin 30 qu'elle atteigne la région 76. Elle sera de préférence réalisée en ITO (oxyde d'indium et d'étain) ou à base

de tout oxyde transparent conducteur ou autre matériau transparent et conducteur, incluant les polymères organiques conducteurs.

De façon surprenante, il a été constaté que 5 l'utilisation de silicium polymorphe comme matériau sensible conduisait à des imageurs présentant une rémanence diminuée malgré la présence dans le matériau, d'un grand nombre d'interfaces entre la matrice et les nanocristaux et agrégats.

10 La figure 9 met en évidence le gain en performance obtenu sur un dispositif selon l'invention. Cette figure représente deux courbes a et b. Chacune des courbes représente le courant d'obscurité subsistant 0,2 secondes après l'interruption de 15 l'incidence d'une lumière dont la puissance optique est portée en abscisse. La courbe a représente ce courant d'obscurité pour un silicium amorphe hydrogéné, et la courbe b montre ce même courant pour une couche utilisant un silicium polymorphe selon l'invention. On 20 constate que la fraction de courant à l'obscurité après extinction de la lumière est sensiblement plus faible avec le silicium polymorphe qu'avec le silicium amorphe. Il s'ensuit que les effets de rémanence d'image obtenus avec un imageur selon l'invention sont 25 sensiblement réduits en utilisant un pixel à base de matériau polymorphe.

Il a été constaté de plus que le matériau polymorphe permet d'augmenter notablement la stabilité dans le temps des imageurs. En outre, le matériau polymorphe permet d'atteindre des courants de fuite à 30 l'obscurité de l'ordre de  $10^{-11}$  pA/cm<sup>2</sup>, avec une

excellente réponse spectrale. Les rendements quantiques externes mesurés atteignent plus de 70 % au voisinage de longueur d'onde incidente de 500 nm, et la largeur de bande interdite du silicium polymorphe est plus 5 élevée que celle du silicium amorphe, donc le photocourant obtenu au voisinage de 700 nm, c'est-à-dire dans le rouge et le proche infrarouge est plus faible, ce qui présente l'avantage de ne plus avoir besoin de 10 filtres colorés éliminant le rayonnement parasite infrarouge, par rapport aux technologies CMOS classiques en silicium cristallin.

L'avantage du faible courant de fuite à l'obscurité est conservé quel que soit la taille du pixel. Avec du silicium amorphe, il est connu que le 15 courant de fuite augmente lorsque la taille du pixel diminue. Les mesures faites par la demanderesse et représentées sur le graphe de la figure 10 montrent que avec du silicium polymorphe, les points représentant le courant de fuite à l'obscurité par rapport à la taille 20 du pixel ont sensiblement la même ordonnée : la diminution de la taille du capteur influe peu sur son courant de fuite à l'obscurité.

## Liste des documents cités

[1] Brevet US 6,114, 739

[2] Article du "Journal of applied physics, Volume 86, number 2 de R. Meaudre et al, Pages 946-950 intitulé "Etat de densité en milieu de bande d'un silicium polymorphe hydrogéné"

[3] Article du "Journal of Non crystalline solid299-302 (2002)page 284 289 de A. Fontcuberta et al.

10 [4] US 6,018,187

[5] Article du "Journal of applied physics, Volume 87, number 4 de R. Vanderhaghen et al, Pages 1874-1881 intitulé "l'origine du gain de courant sous illumination dans les structures n-i-p-i-n en silicium amorphe.

15

## REVENDICATIONS

1. Capteur unique ou ensemble de capteurs constitué en imageur chaque capteur délivrant un signal 5 correspondant à un pixel de l'image, et ayant,

une brique de détection ayant une zone de détection comportant un matériau photosensible,

une brique d'adressage et éventuellement de traitement de signaux provenant du ou des capteurs, 10 cette brique portant notamment un circuit d'adressage et,

une brique d'interconnexion située entre la brique de détection et la brique d'adressage, cette brique portant des plots de raccordement raccordant des 15 capteurs de l'imageur au circuit d'adressage, en sorte que les signaux provenant des capteurs soient individualisés,

caractérisée en ce que le matériau photosensible de la brique de détection contient au 20 moins une couche en silicium polymorphe.

2. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la brique d'interconnexion est constituée par des plots (5, 5') noyés dans de l'isolant (1, 2, 3).

25 3. Ensemble de capteurs constitués en imageur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les plots d'interconnexion (5, 5') sont en aluminium ou en cuivre ou en tungstène.

30 4. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le matériau isolant noyant les plots, est constitué par un

## REVENDICATIONS

1. Capteur unique ou ensemble de capteurs constitué en imageur chaque capteur délivrant un signal correspondant à un pixel de l'image, et ayant,
  - une brique de détection ayant une zone de détection comportant un matériau photosensible,
  - une brique d'adressage et éventuellement de traitement de signaux provenant du ou des capteurs,
  - 10 cette brique portant notamment un circuit d'adressage et,
  - une brique d'interconnexion située entre la brique de détection et la brique d'adressage, cette brique portant des plots de raccordement raccordant des capteurs de l'imageur au circuit d'adressage, en sorte que les signaux provenant des capteurs soient individualisés,
  - caractérisée en ce que le matériau photosensible de la brique de détection contient au moins une couche en silicium polymorphe.
2. Capteur unique ou ensemble de capteurs selon la revendication 1, caractérisé en ce que la brique d'interconnexion est constituée par des plots (5, 5') noyés dans de l'isolant (1, 2, 3).
- 25 3. Ensemble de capteurs constitués en imageur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les plots d'interconnexion (5, 5') sont en aluminium ou en cuivre ou en tungstène.
- 30 4. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le matériau isolant noyant les plots, est constitué par un

## REVENDICATIONS

1. Capteur unique ou ensemble de capteurs constitué en imageur chaque capteur délivrant un signal 5 correspondant à un pixel de l'image, et ayant,

une brique de détection ayant une zone de détection comportant un matériau photosensible,

une brique d'adressage et éventuellement de 10 traitement de signaux provenant du ou des capteurs, cette brique portant notamment un circuit d'adressage et,

une brique d'interconnexion située entre la brique de détection et la brique d'adressage, cette brique portant des plots de raccordement raccordant des 15 capteurs de l'imageur au circuit d'adressage, en sorte que les signaux provenant des capteurs soient individualisés,

caractérisée en ce que le matériau photosensible de la brique de détection contient au 20 moins une couche en silicium polymorphe.

2. Capteur unique ou ensemble de capteurs selon la revendication 1, caractérisé en ce que la brique d'interconnexion est constituée par des plots (5, 5') 25 noyés dans de l'isolant (1, 2, 3).

25 3. Ensemble de capteurs constitués en imageur selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que les plots d'interconnexion (5, 5') sont en aluminium ou en cuivre ou en tungstène.

30 4. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le matériau isolant noyant les plots, est constitué par un

empilement de couches diélectriques formant des miroirs de Bragg.

5. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que des 5 électrodes (64, 94) sont formées au-dessus de plots (5, 5'), ces électrodes ayant une surface inférieure couplée électriquement à un plot (5), et une surface supérieure, la surface supérieure de l'électrode ayant une dimension surfacique plus grande que la surface 10 inférieure au contact du plot.

6. Ensemble de capteurs selon la revendication 5, caractérisé en ce que la surface supérieure des électrodes présente une forme de cuvette.

7. Ensemble de capteurs selon l'une des 15 revendications 5 ou 6, caractérisé en ce qu'une partie inférieure de chaque électrode est noyée dans une couche d'isolant, une partie supérieure de cette électrode venant au-dessus de ladite couche d'isolant.

20 8. Ensemble de capteurs selon la revendication 7, caractérisé en ce que la couche d'isolant entourant une partie inférieure des électrodes est constituée d'un empilement de couches formant miroirs de Bragg.

9. Ensemble de capteurs selon l'une des 25 revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les électrodes (64, 94) sont en aluminium, ou en cuivre, ou en tungstène, ou en titane, ou en nitrure de titane, ou en un semi-conducteur dopé, ou en un conducteur organique, ou en un oxyde conducteur, ou enfin encore en un empilement composite des matériaux cités 30 ci-dessus.

empilement de couches diélectriques formant des miroirs de Bragg.

5. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que des 5 électrodes (64, 94) sont formées au-dessus de plots (5, 5'), ces électrodes ayant une surface inférieure couplée électriquement à un plot (5), et une surface supérieure, la surface supérieure de l'électrode ayant une dimension surfacique plus grande que la surface 10 inférieure au contact du plot.

6. Ensemble de capteurs selon la revendication 5, caractérisé en ce que la surface supérieure des électrodes présente une forme de cuvette.

7. Ensemble de capteurs selon l'une des 15 revendications 5 ou 6, caractérisé en ce qu'une partie inférieure de chaque électrode est noyée dans une couche d'isolant, une partie supérieure de cette électrode venant au-dessus de ladite couche d'isolant.

8. Ensemble de capteurs selon la revendication 20 7, caractérisé en ce que la couche d'isolant entourant une partie inférieure des électrodes est constituée d'un empilement de couches formant miroirs de Bragg.

9. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les 25 électrodes (64, 94) sont en aluminium, ou en cuivre, ou en tungstène, ou en titane, ou en nitrure de titane, ou en un semi-conducteur dopé, ou en un conducteur organique, ou en un oxyde conducteur, ou enfin encore en un empilement composite des matériaux cités 30 ci-dessus.

10. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que la couche

empilement de couches diélectriques formant des miroirs de Bragg.

5. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que des 5 électrodes (64, 94) sont formées au-dessus de plots (5, 5'), ces électrodes ayant une surface inférieure couplée électriquement à un plot (5), et une surface supérieure, la surface supérieure de l'électrode ayant une dimension surfacique plus grande que la surface 10 inférieure au contact du plot.

6. Ensemble de capteurs selon la revendication 5, caractérisé en ce que la surface supérieure des électrodes présente une forme de cuvette.

7. Ensemble de capteurs selon l'une des 15 revendications 5 ou 6, caractérisé en ce qu'une partie inférieure de chaque électrode est noyée dans une couche d'isolant, une partie supérieure de cette électrode venant au-dessus de ladite couche d'isolant.

8. Ensemble de capteurs selon la revendication 20 7, caractérisé en ce que la couche d'isolant entourant une partie inférieure des électrodes est constituée d'un empilement de couches formant miroirs de Bragg.

9. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que les 25 électrodes (64, 94) sont en aluminium, ou en cuivre, ou en tungstène, ou en titane, ou en nitrure de titane, ou en un semi-conducteur dopé, ou en un conducteur organique, ou en un oxyde conducteur, ou enfin encore en un empilement composite des matériaux cités 30 ci-dessus.

10. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que la couche

10. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 5 à 9, caractérisé en ce que la couche de matériau polymorphe est placée au-dessus de la couche comportant l'isolant et les électrodes.

5 11. Ensemble de capteurs selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'au moins une couche supérieure en silicium (79) présente une partie inférieure contenant du carbone et une partie supérieure contenant du bore.

10 12. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'épaisseur de la couche en matériau polymorphe est comprise entre 0,5 et 2  $\mu\text{m}$ .

15 13. Capteur unique ou ensemble de capteurs constitué en imageur selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la zone de détection comportant le silicium polymorphe est une zone intrinsèque d'une diode PIN ou NIP.

20 14. Procédé de réalisation d'un ensemble de photodétecteurs selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que :

après réalisation d'un substrat comportant notamment un circuit d'adressage, et éventuellement des circuits de traitement de signaux,

25 on dépose une ou plusieurs couches de matériaux isolants,

on grave ladite couche de façon à former des trous dans cette couche,

30 on comble des trous avec un matériau conducteur constituant ainsi des plots d'interconnexion (5, 5'),

de silicium polymorphe est placée au-dessus de la couche comportant l'isolant et les électrodes.

11. Ensemble de capteurs selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'au moins une couche supérieure 5 en silicium (79) présente une partie inférieure contenant du carbone et une partie supérieure contenant du bore.

12. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que 10 l'épaisseur de la couche en silicium polymorphe est comprise entre 0,5 et 2  $\mu\text{m}$ .

13. Capteur unique ou ensemble de capteurs constitué en imageur selon l'une des revendications 1 à 15 12, caractérisé en ce que la zone de détection comportant le silicium polymorphe est une zone intrinsèque d'une diode PIN ou NIP.

14. Procédé de réalisation d'un ensemble de photodéTECTeurs selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que :

20 après réalisation d'un substrat comportant notamment un circuit d'adressage, et éventuellement des circuits de traitement de signaux,

on dépose une ou plusieurs couches de matériaux isolants,

25 on grave ladite couche de façon à former des trous dans cette couche,

on comble des trous avec un matériau conducteur constituant ainsi des plots d'interconnexion (5, 5'),

30 on effectue éventuellement un polissage mécano-chimique,

on dépose une ou plusieurs sous-couches de matériau isolant,

de silicium polymorphe est placée au-dessus de la couche comportant l'isolant et les électrodes.

11. Ensemble de capteurs selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'au moins une couche supérieure 5 en silicium (79) présente une partie inférieure contenant du carbone et une partie supérieure contenant du bore.

12. Ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que 10 l'épaisseur de la couche en silicium polymorphe est comprise entre 0,5 et 2  $\mu\text{m}$ .

13. Capteur unique ou ensemble de capteurs constitué en imageur selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que la zone de détection 15 comportant le silicium polymorphe est une zone intrinsèque d'une diode PIN ou NIP.

14. Procédé de réalisation d'un ensemble de capteurs selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que :

20 après réalisation d'un substrat comportant notamment un circuit d'adressage, et éventuellement des circuits de traitement de signaux,

on dépose une ou plusieurs couches de matériaux isolants,

25 on grave ladite couche de façon à former des trous dans cette couche,

on comble des trous avec un matériau conducteur constituant ainsi des plots d'interconnexion (5, 5'),

30 on effectue éventuellement un polissage mécano-chimique,

on dépose une ou plusieurs sous-couches de matériau isolant,

on effectue éventuellement un polissage mécano-chimique,

on dépose une ou plusieurs sous-couches de matériau isolant,

5 on grave ladite sous-couche de matériau isolant au-dessus de plots (5,5'),

on dépose une couche au-dessus de la couche isolante gravée, formant ainsi une couche non plane de matériau conducteur, des cuvettes apparaissant 10 au-dessus des plots,

on grave la couche de matériau conducteur qui vient d'être déposée, de façon à former des électrodes séparées les unes des autres,

15 on dépose une couche de matériau polymorphe non intentionnellement dopée,

on dépose une couche dopée

on dépose enfin une couche d'un matériau conducteur (24) formant électrode supérieure.

15. Procédé selon la revendication 14, 20 caractérisé en ce que la température de dépôt du matériau polymorphe est comprise entre 175°C et 250°C et que la pression de dépôt est comprise entre 1300 et 1800 mTorr.

16. Procédé selon l'une des revendications 14 25 ou 15, caractérisé en ce que le dépôt du matériau polymorphe est suivi par un dépôt d'une couche contenant du carbone au moins dans sa partie inférieure.

on grave ladite sous-couche de matériau isolant au-dessus de plots (5,5'),

5 on dépose une couche au-dessus de la couche isolante gravée, formant ainsi une couche non plane de matériau conducteur, des cuvettes apparaissant au-dessus des plots,

on grave la couche de matériau conducteur qui vient d'être déposée, de façon à former des électrodes séparées les unes des autres;

10 on dépose une couche de silicium polymorphe non intentionnellement dopée,

on dépose une couche dopée

on dépose enfin une couche d'un matériau conducteur (24) formant électrode supérieure.

15 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la température de dépôt du silicium polymorphe est comprise entre 175°C et 250°C et que la pression de dépôt est comprise entre 1300 et 1800 mTorr.

20 16. Procédé selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que le dépôt du silicium polymorphe est suivi par un dépôt d'une couche contenant du carbone au moins dans sa partie inférieure.

on grave ladite sous-couche de matériau isolant au-dessus de plots (5,5'),

5 on dépose une couche au-dessus de la couche isolante gravée, formant ainsi une couche non plane de matériau conducteur, des cuvettes apparaissant au-dessus des plots,

on grave la couche de matériau conducteur qui vient d'être déposée, de façon à former des électrodes séparées les unes des autres,

10 on dépose une couche de silicium polymorphe non intentionnellement dopée,

on dépose une couche dopée

on dépose enfin une couche d'un matériau conducteur (24) formant électrode supérieure.

15 15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la température de dépôt du silicium polymorphe est comprise entre 175°C et 250°C et que la pression de dépôt est comprise entre 1300 et 1800 mTorr.

20 16. Procédé selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que le dépôt du silicium polymorphe est suivi par un dépôt d'une couche contenant du carbone au moins dans sa partie inférieure.

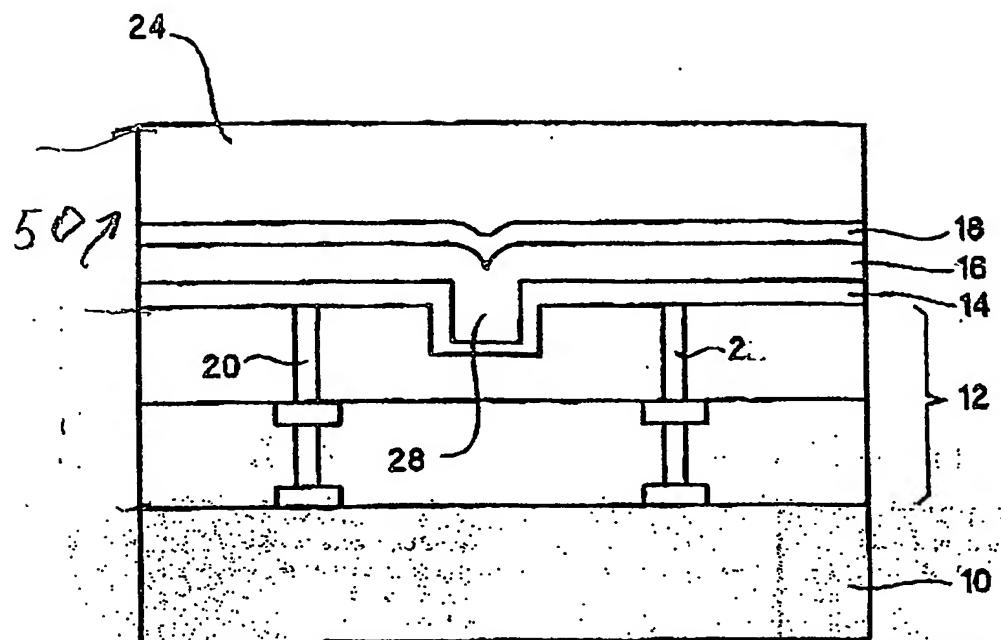


Figure 1

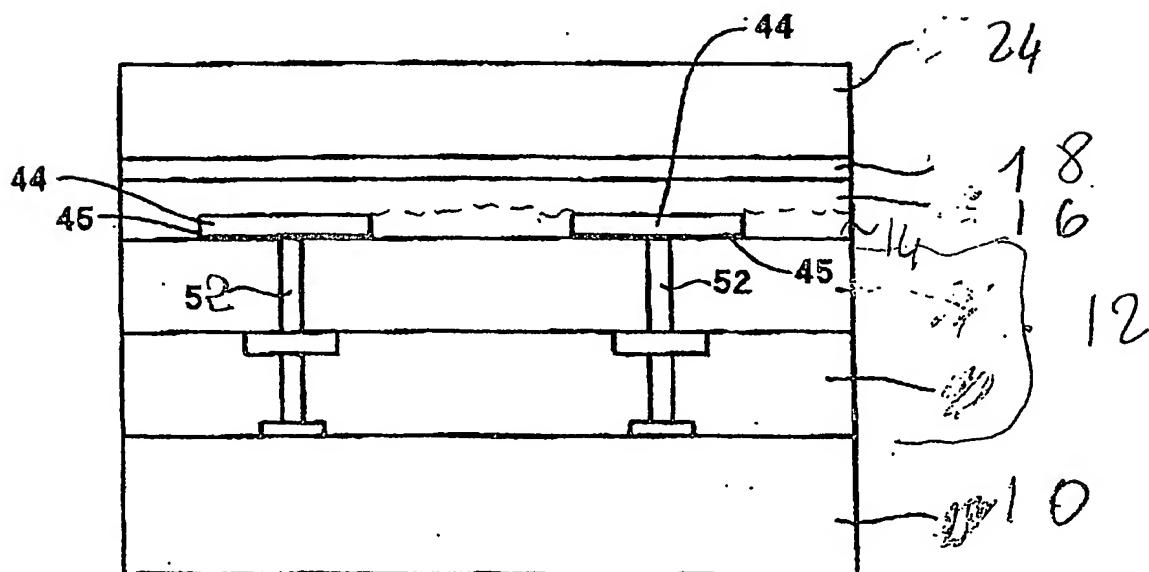


Figure 2

B 16.173. 3 CR

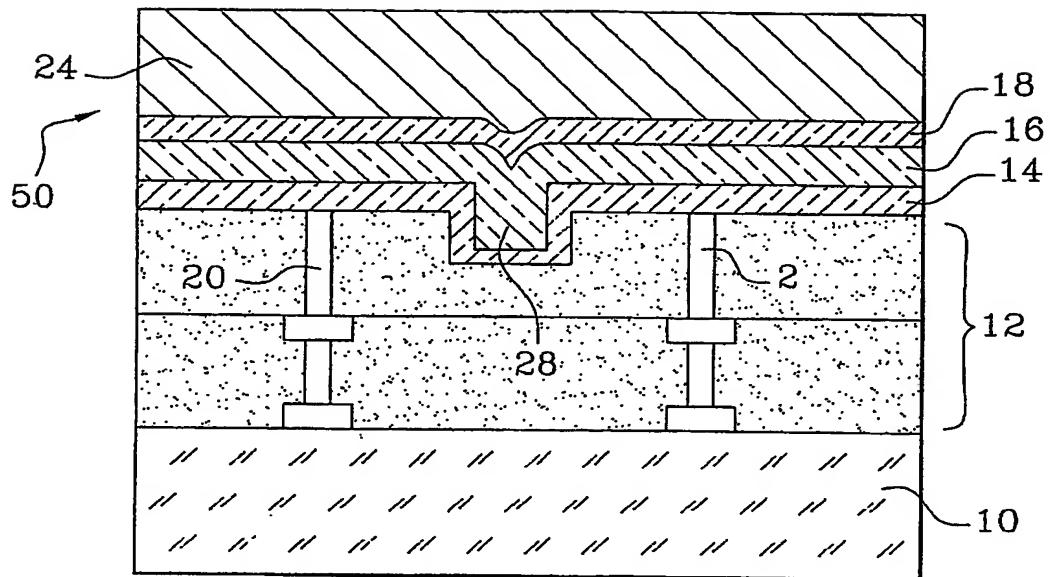


Fig. 1

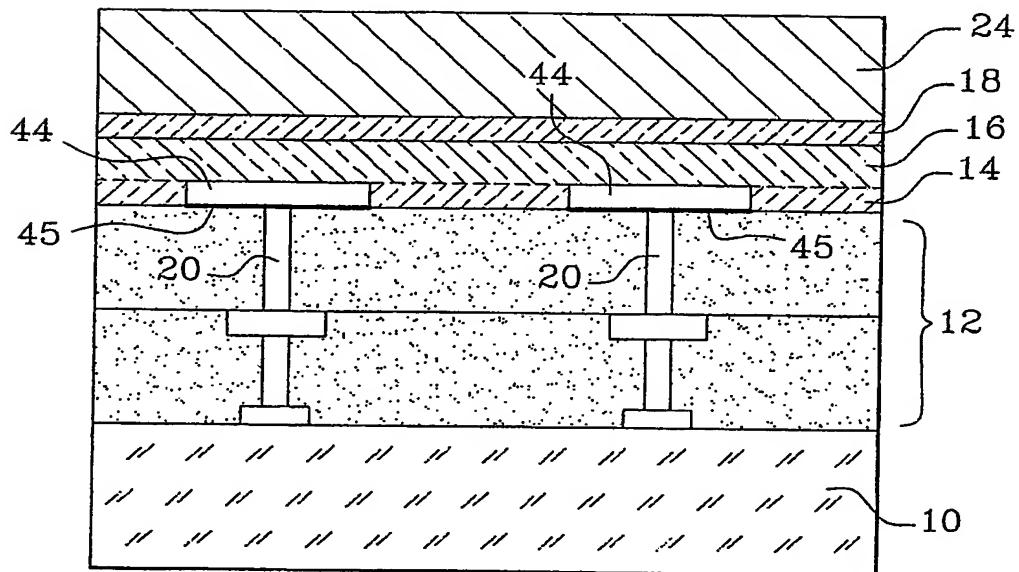


Fig. 2

2/5

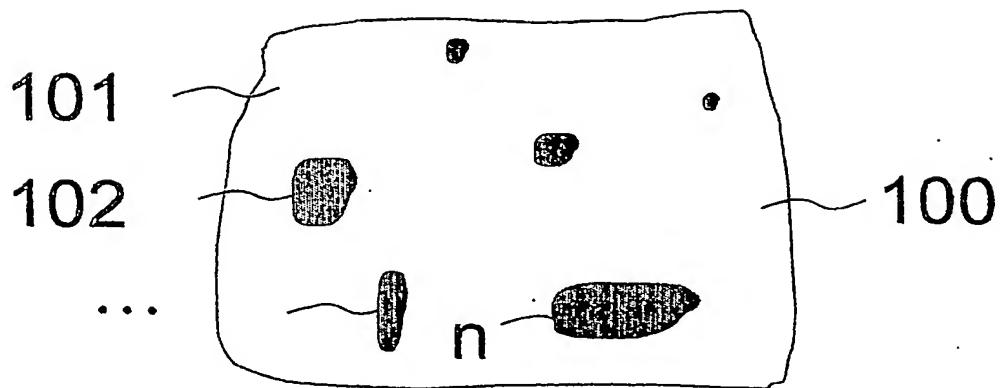


FIG 3

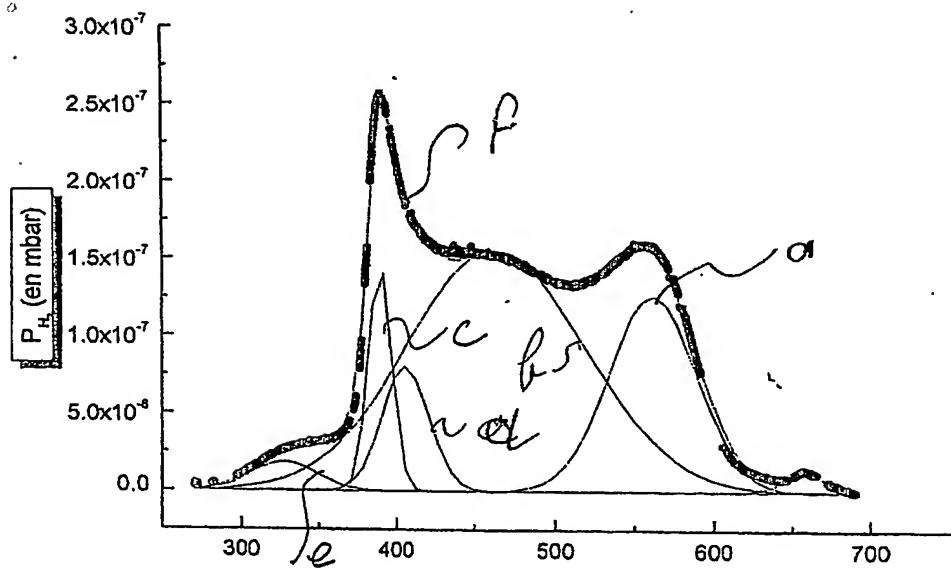
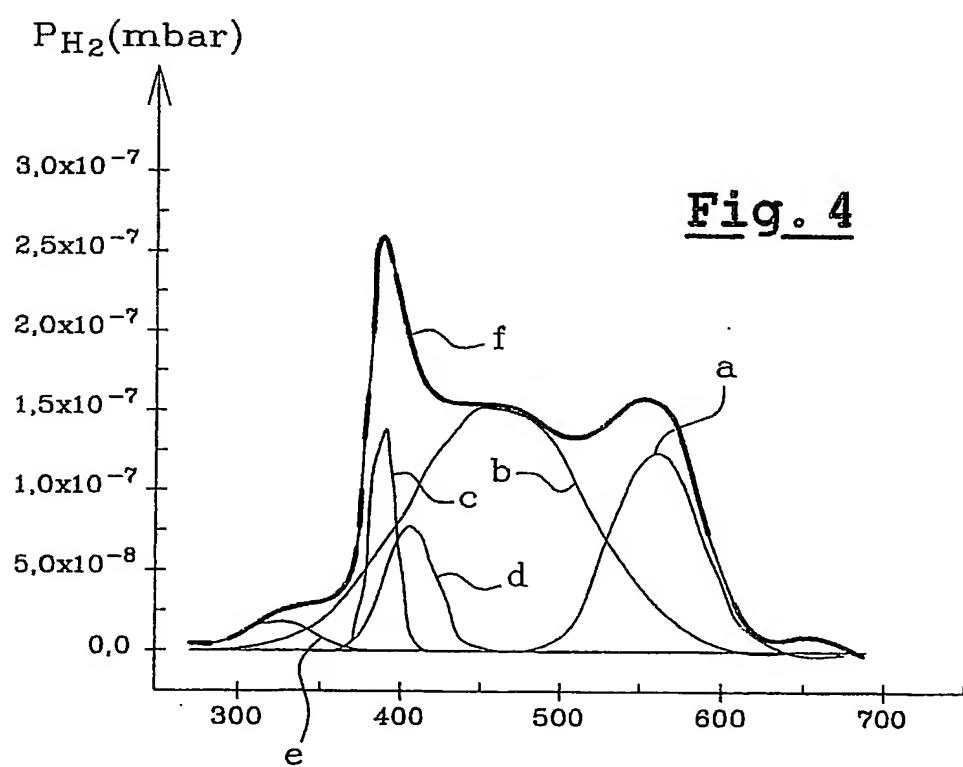
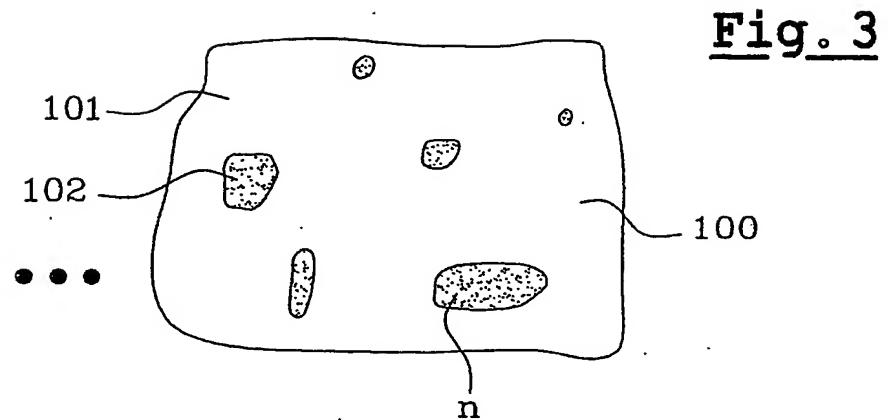


FIG 4



3/5

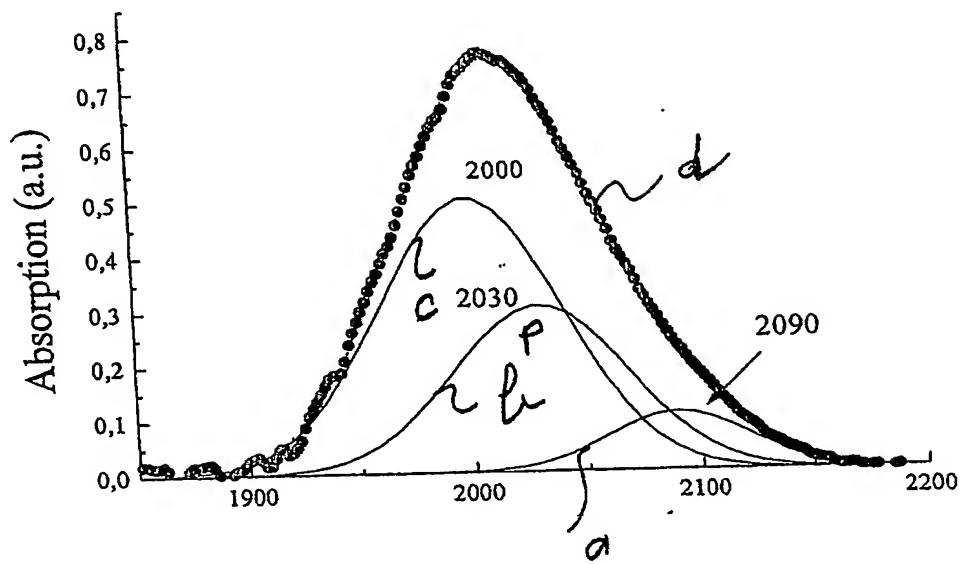
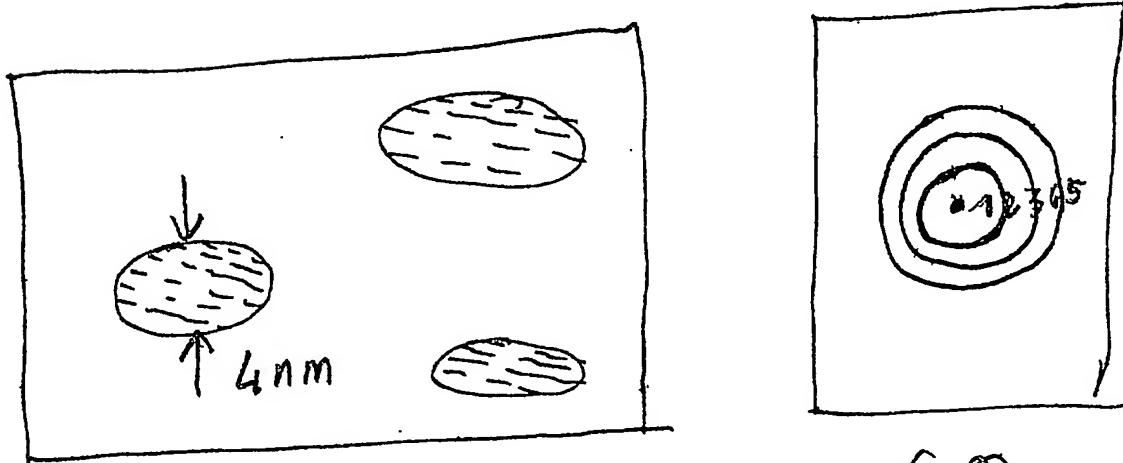


FIG 5



6B

1 2 3 4 5

B14173, 3 GB

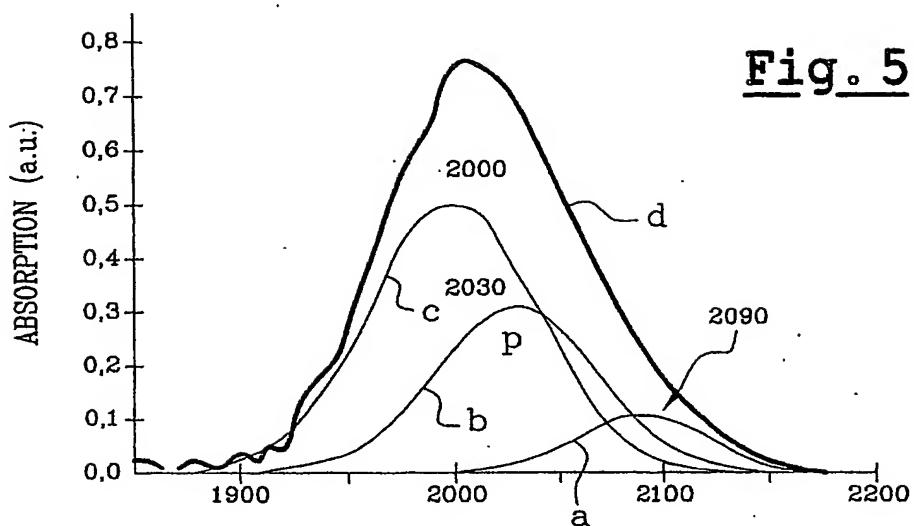


Fig. 5

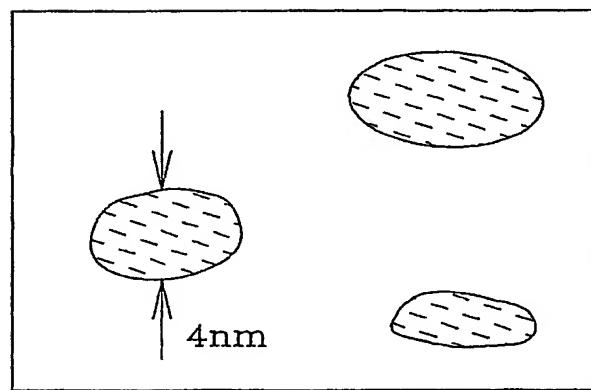


Fig. 6A

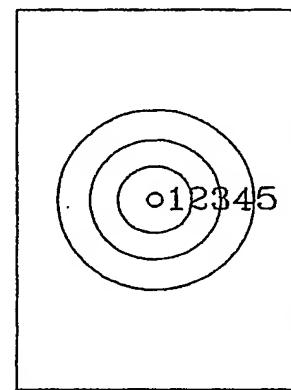


Fig. 6B

4 / 5

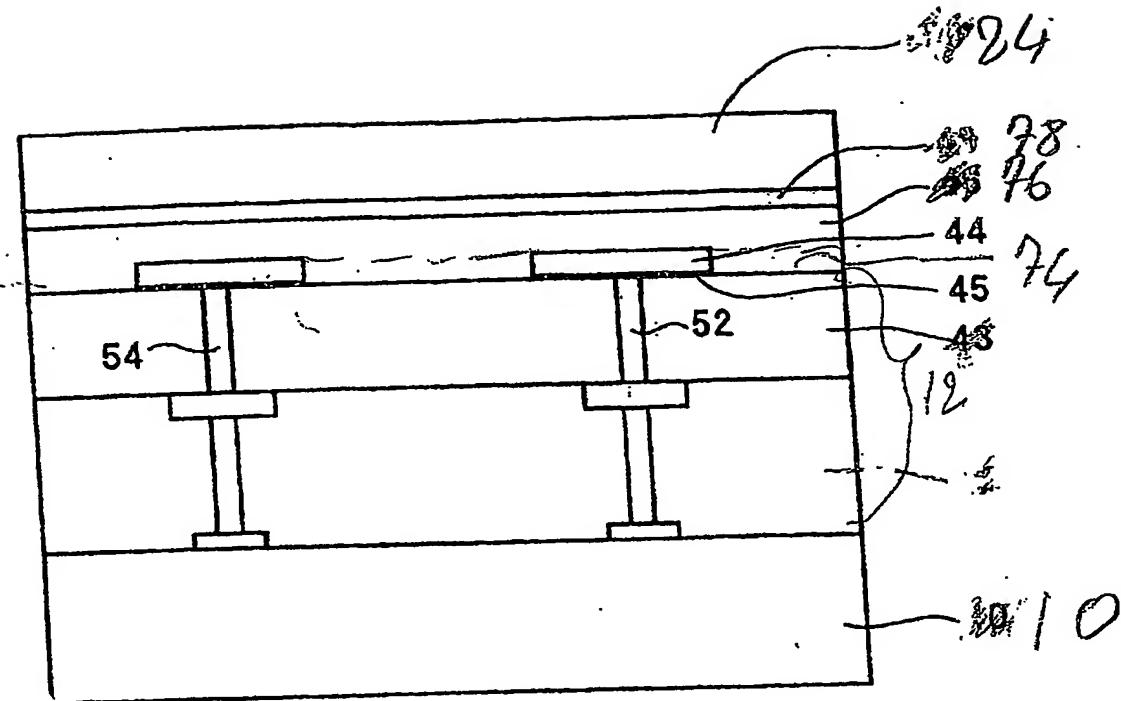


FIG 7

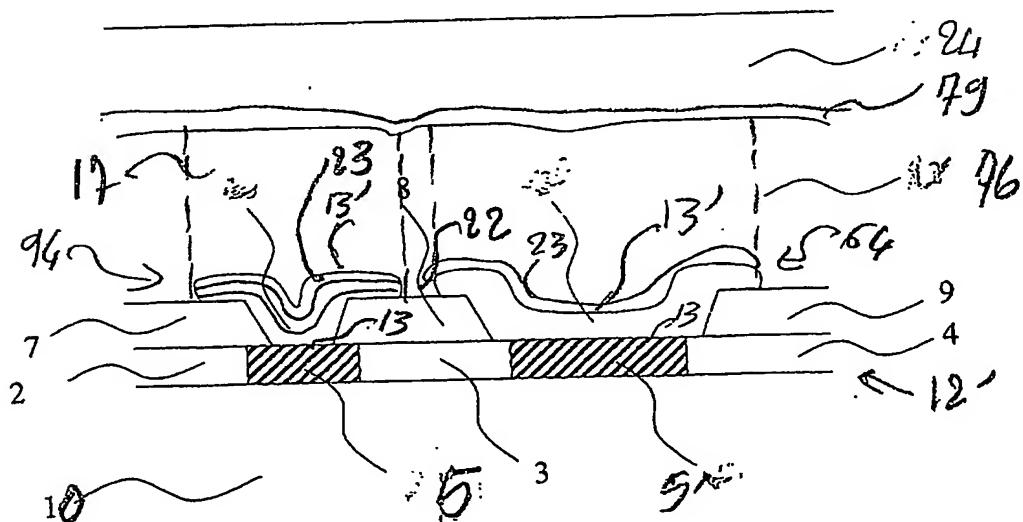
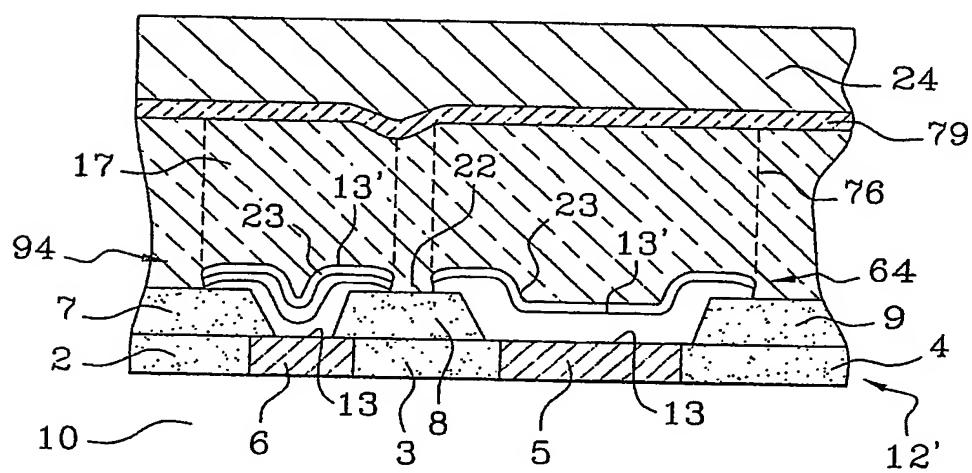
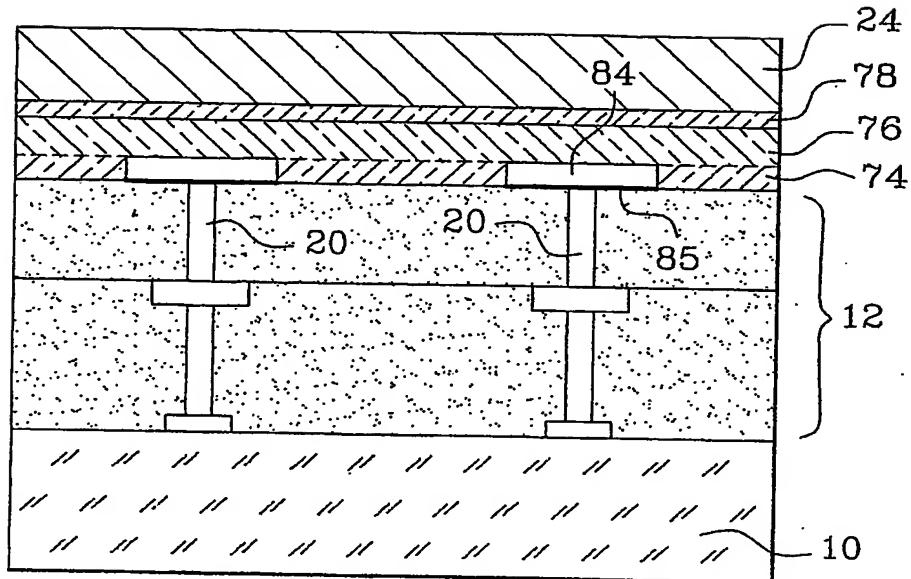


FIG 8

Fig. 7Fig. 8

5/5

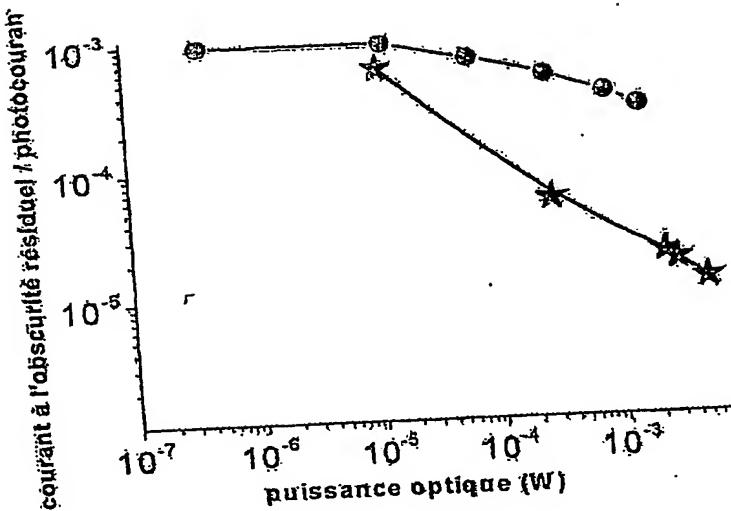


FIG 9

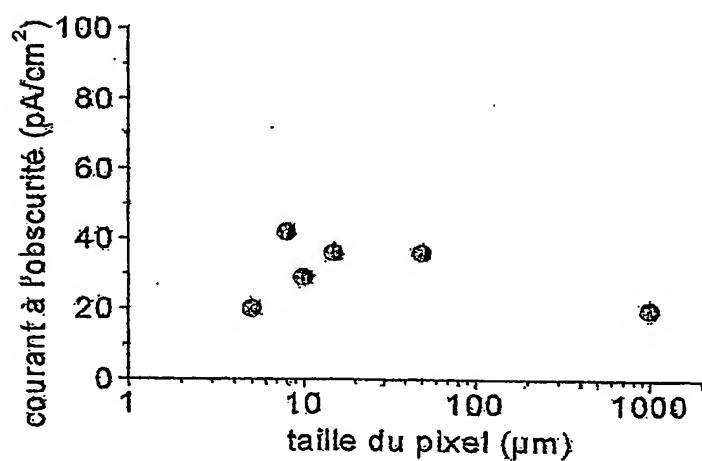
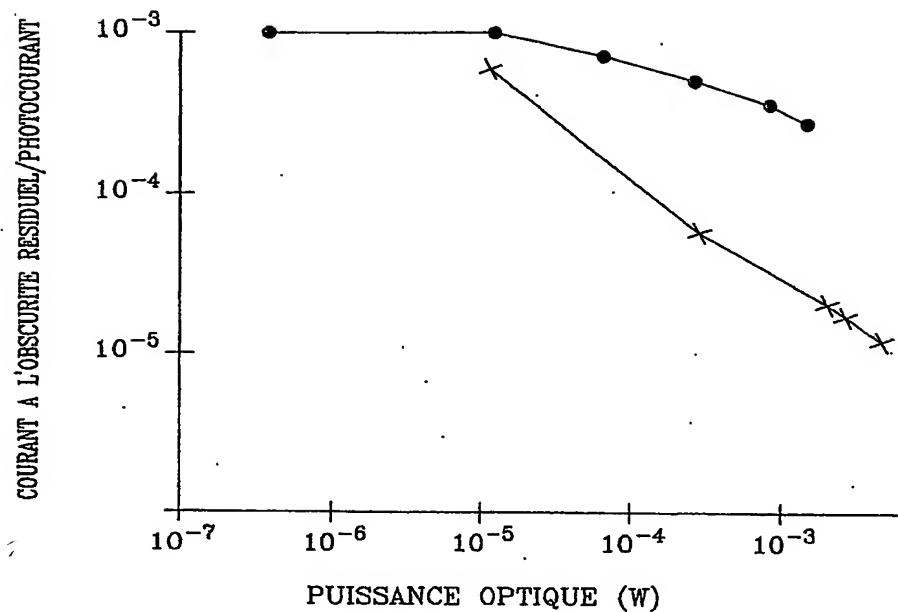
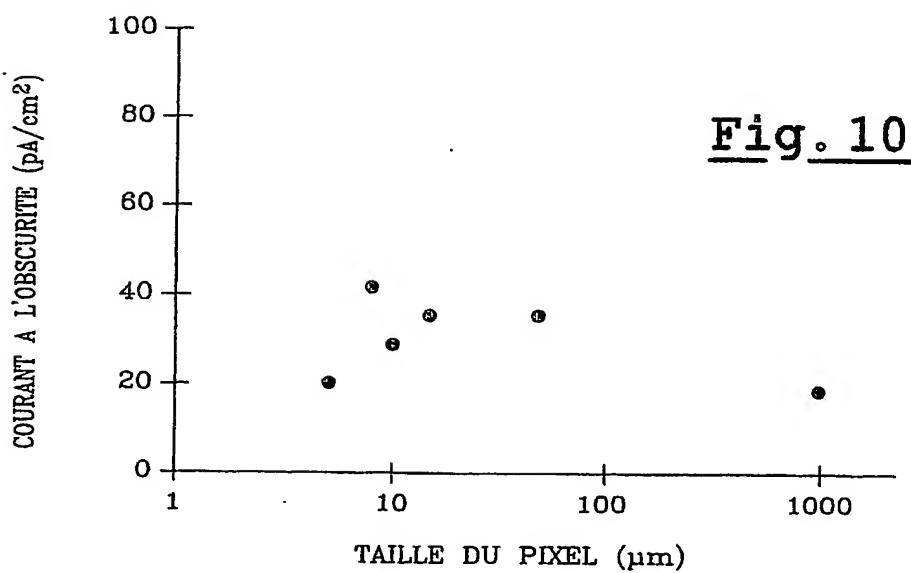


FIG 10

12 11.742.3

DD 2368

Fig. 9Fig. 10

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)	B14173.3/GB DD2369/CNRS		
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02.07893 du 25.06.2002		
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)			
IMAGEUR POUR LUMIERE VISIBLE.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème			
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE 3 rue Michel Ange 75794 PARIS CEDEX 16			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		GUEDJ	
Prénoms		Cyril	
Adresse	Rue	Rue de la Marjoéra	
	Code postal et ville	38760	VARCES ALLIERES et RISSET
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		MOUSSY	
Prénoms		Norbert	
Adresse	Rue	8 rue Paul Janet	
	Code postal et ville	38000	GRENOBLE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BONNASSIEUX	
Prénoms		Yvan	
Adresse	Rue	32 rue de Boussingault	
	Code postal et ville	75013	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b> <u>PARIS LE 16 Septembre 2002</u>			
<u>G. BRYKMAN</u> <u>422-5/002</u>			



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 112350

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2. .

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /2608

Vos références pour ce dossier (facultatif)	B14173.3/GB DD2369/CNRS
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL	02.07893 du 25.06.2002

TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

IMAGEUR POUR LUMIÈRE VISIBLE.

LE(S) DEMANDEUR(S) :

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
31/33 rue de la Fédération  
75752 PARIS 15ème  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
3 rue Michel Ange  
75794 PARIS CEDEX 16

DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).

Nom		ROCA i CABARROCAS	
Prénoms		Péré	
Adresse	Rue	LPICM Ecole Polytechnique	
	Code postal et ville	91128	PALAISEAU Cedex
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		TCHAKAROV	
Prénoms		Svetoslav	
Adresse	Rue	15 rue Freycinet	
	Code postal et ville	75116	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)			
PARIS LE 16 Septembre 2002			
G. BRYKMAN			
422-5/002			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**